

Klima- und Gesundheitseffekte unterschiedlicher urbaner Waldstrukturen [Extended Abstract]

Jonathan Simon, Joachim Rathmann, Elisabeth André, Bhargavi Mahesh, Yekta Said Can, Michael Dietz, Max Stocker, Andreas Philipp, Christoph Beck

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Simon, Jonathan, Joachim Rathmann, Elisabeth André, Bhargavi Mahesh, Yekta Said Can, Michael Dietz, Max Stocker, Andreas Philipp, and Christoph Beck. 2024. "Klima- und Gesundheitseffekte unterschiedlicher urbaner Waldstrukturen [Extended Abstract]." In *10. Fachtagung BIOMET des Fachausschusses Biometeorologie der DMG e.V.: 19. bis 21. März 2024 in Offenbach am Main; Programm und Zusammenfassungen*, edited by Udo Busch, 41–44. Offenbach am Main: Deutscher Wetterdienst.
https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_annalen/l_einzelbaende/annalen53.html.

10. Fachtagung BIOMET des Fachausschusses Biometeorologie der DMG e.V.

vom 19. bis 21. März 2024
in Offenbach am Main

Programm und Zusammenfassungen

Zitationsvorschlag:

Busch, Udo: 10. Fachtagung BIOMET des Fachausschusses Biometeorologie der DMG e.V.: 19. bis 21. März 2024 in Offenbach; Programm und Zusammenfassungen. - Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 2024, 138 S. (Annalen der Meteorologie; 53)

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-2024031511490609425764>

Fachliche Redaktion und Mitarbeit Layout: Peggy Hofheinz, Tanja Netz, Susanne Schorlemmer

ISSN der Online-Ausgabe: 2194-5934

ISSN der Druckausgabe: 0072-4122

ISBN der Onlineausgabe: 978-3-88148-552-4

ISBN der Druckausgabe: 978-3-88148-552-1

Nutzungsbedingungen:

Dieses Band untersteht der Creative Commons-Lizenz CC BY4.0:



Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden. Mit der Verwendung dieses Dokumentes erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Die in den DWD-Berichten veröffentlichten Texte werden allein von ihren jeweiligen Autoren verantwortet; die darin zum Ausdruck gebrachte Meinung entspricht nicht notwendig der Meinung des Herausgebers (Deutscher Wetterdienst).

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Bildungszentrum Selbstverlag
Am DFS_Campus 4
63225 Langen
Internet: www.dwd.de
Mail: bildungszentrum@dwd.de

Anschrift des Autors:

Dr. Udo Busch
Deutscher Wetterdienst
Abteilung Agrarmeteorologie
Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach

Klima- und Gesundheitseffekte unterschiedlicher urbaner Waldstrukturen

Jonathan Simon¹, Joachim Rathmann², Elisabeth André³, Bhargavi Mahesh³, Yekta Said Can³, Michael Dietz³, Max Stocker¹, Andreas Philipp¹, Christoph Beck¹

¹Universität Augsburg, Institut für Geographie, Lehrstuhl für physische Geographie mit Schwerpunkt Klimaforschung, 86135 Augsburg (Deutschland)

²Universität Würzburg, Institut für Geographie und Geologie, Lehrstuhl für Geographie und Regionalforschung, 97074 Würzburg (Deutschland)

³Universität Augsburg, Institut für Informatik, Lehrstuhl für menschenzentrierte künstliche Intelligenz, 86135 Augsburg (Deutschland)

Urbane Wälder sind eine bedeutende Ressource für die menschliche Gesundheit, denn sie erbringen eine Vielzahl wichtiger Ökosystemleistungen (ÖSL), darunter die Verbesserung der Luftqualität, die Senkung der Lufttemperatur, die Bindung von CO₂, die Bereitstellung von Lebensräumen, den Schutz vor Erosion, die Filtration von Wasser und die Förderung der Erholung. Jedoch variieren die ÖSL urbaner Wälder in Bezug auf die Baumartenzusammensetzung, die Altersstruktur des Bestandes, die Lichtverhältnisse, die Artenvielfalt und die Bestandsdichte (Grammatikopoulou und Vačkářová, 2021). In der Öffentlichkeit und Politik steht der Wald als Gesundheitsressource, aber auch unter dem Aspekt seiner zunehmenden Gefährdung im Fokus. Auf der einen Seite nehmen Angebote zu verschiedenen Formen einer Waldtherapie und des bewussten Erlebens des Waldes (Waldbaden) zu, auf der anderen Seite stehen Schlagzeilen zu Trockenstress, Fichtensterben, Borkenkäferbefall und großflächigen Waldbränden. Somit ist es erforderlich die vielfältigen ÖSL in ihrem Zusammenspiel und in Abhängigkeit der Waldstruktur zu untersuchen und zu bewerten. Jedoch ist ungeklärt, inwieweit sich verschiedene urbane und periurbane Wälder hinsichtlich ihrer ÖSL unterscheiden und welche Waldkomponenten beispielsweise den größten Einfluss auf das sie umgebende Mikroklima oder das Wohlbefinden des Menschen haben (Karim et al., 2020). Gerade dies ist jedoch für die Erarbeitung und Bewertung waldbaulicher Entwicklungsszenarien unter Klimawandelbedingungen dringend geboten.

Wälder haben eine ausgleichende Wirkung auf die thermische Situation (Demuzere et al., 2014; Livesley et al., 2016). Zu den Umweltvariablen, die das Wärmeempfinden von Menschen beeinflussen, gehören die Umgebungstemperatur, die Strahlungstemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Windgeschwindigkeit (Fanger, 1972). Dagegen sind der Stoffwechsel, die Hauttemperatur, der Blutfluss und die Schweißproduktion die wichtigsten physiologischen Steuergrößen für Energiehaushalt und Wärmeempfinden des Körpers. Diese werden zum einen durch die Umweltvariablen direkt beeinflusst, sind zum anderen aber auch von individuellen Faktoren wie körperlicher Fitness und Bekleidung abhängig (Dzyuban et al., 2022; Vanos et al., 2010). Darüber hinaus wird das thermische Empfinden von weiteren physiologischen, psychologischen und kontextualen Faktoren wie Demografie, Kultur, Erwartungshaltungen, vergangenen thermischen Erfahrungen und der subjektiven Wahrnehmung der Umgebung beeinflusst. Im Rahmen von „thermal walks“ lassen sich die mikroklimatischen Charakteristika, die objektiven Gesundheitswirkungen und das subjektiv empfundene Wohlbefinden in einer Umgebung quantifizieren. Liu et al. (2021) führten „thermal walks“ in drei verschiedenen Waldtypen und in einem urbanen Gebiet durch und erfassten dabei sowohl objektive physiologische Daten als auch subjektive Eindrücke. Gillerot et al. (2024) exponierten Probandinnen und Probanden sitzend in drei verschiedenen Waldtypen und erfassten das subjektive thermische Empfinden und die Cortisol-Spiegel der Probandinnen und Probanden als Indikator für den Stresslevel. Klimavariablen wurden in beiden vorgenannten Studien allerdings nur punktweise und nicht mobil entlang der Routen erfasst. Unsere Studie hat daher zum Ziel, die Mikroklimata verschiedener urbaner Waldstrukturen messtechnisch sowohl langfristig-stationär als auch tagesspezifisch-mobil zu erfassen und modellgestützt zu quantifizieren als auch die objektive Gesundheitswirkung und das subjektive Wohlbefinden, das diese Areale ermöglichen, einzuschätzen und alle Komponenten miteinander zu verbinden.

In vier Untersuchungsgebieten im Stadtgebiet und im Stadtwald von Augsburg wurden im Juli 2023 an insgesamt zehn Terminen im Zeitfenster von ca. 14:15 Uhr bis 15:15 Uhr Ortszeit etwa halbstündige

„thermal walks“ mit Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern durchgeführt. Die Untersuchungsgebiete unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Wald- bzw. Grünstruktur und beinhalten einen städtischen Park (Wittelsbacher Park), ein Wohnviertel (Antonsviertel), einen Mischwald (Galgenablass) und eine Heidelandschaft (Schießplatzheide). An allen Terminen wurden entlang vordefinierter Routen u.a. mittels Kestrel 5400 Heat Stress Trackern, die in einer Höhe von ca. 1,80 m an selbst konstruierten Messrucksäcken angebracht waren, mobile Klimamessungen durchgeführt und wichtige Klimavariablen wie Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Strahlungstemperatur und Windbedingungen erfasst. Gleichzeitig wurden Daten zu humanphysiologischen Effekten gesammelt, indem die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer mit tragbaren Sensoren ausgestattet wurden, die physiologische Daten wie ihre Herzaktivität aufzeichneten. Weiterhin wurden bei allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern vor und nach den Spaziergängen Messungen des systolischen und diastolischen Blutdrucks, sowie Aufmerksamkeitstests durchgeführt. Mithilfe von Fragebögen wurden ergänzende soziodemografische Daten und die subjektiven Wahrnehmungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer hinsichtlich thermischer und visueller Empfindungen während der Spaziergänge erfasst. In zwei weiteren Untersuchungsgebieten (buchendominierter Mischwald, Kiefernwald) wurden zu diesen Terminen ebenfalls mobile Klimamessungen analog zu den restlichen Gebieten durchgeführt. Die Mikroklimata einiger der Untersuchungsgebiete wurden zusätzlich mit dem Mikroklimamodell ENVI-met (Bruse, 2018) modelliert.

Zunächst ließ sich feststellen, dass sich fast alle Gebiete signifikant in ihren klimatischen Eigenschaften unterscheiden. Abbildung 1 stellt dies beispielhaft für die Lufttemperatur in den Untersuchungsgebieten dar.

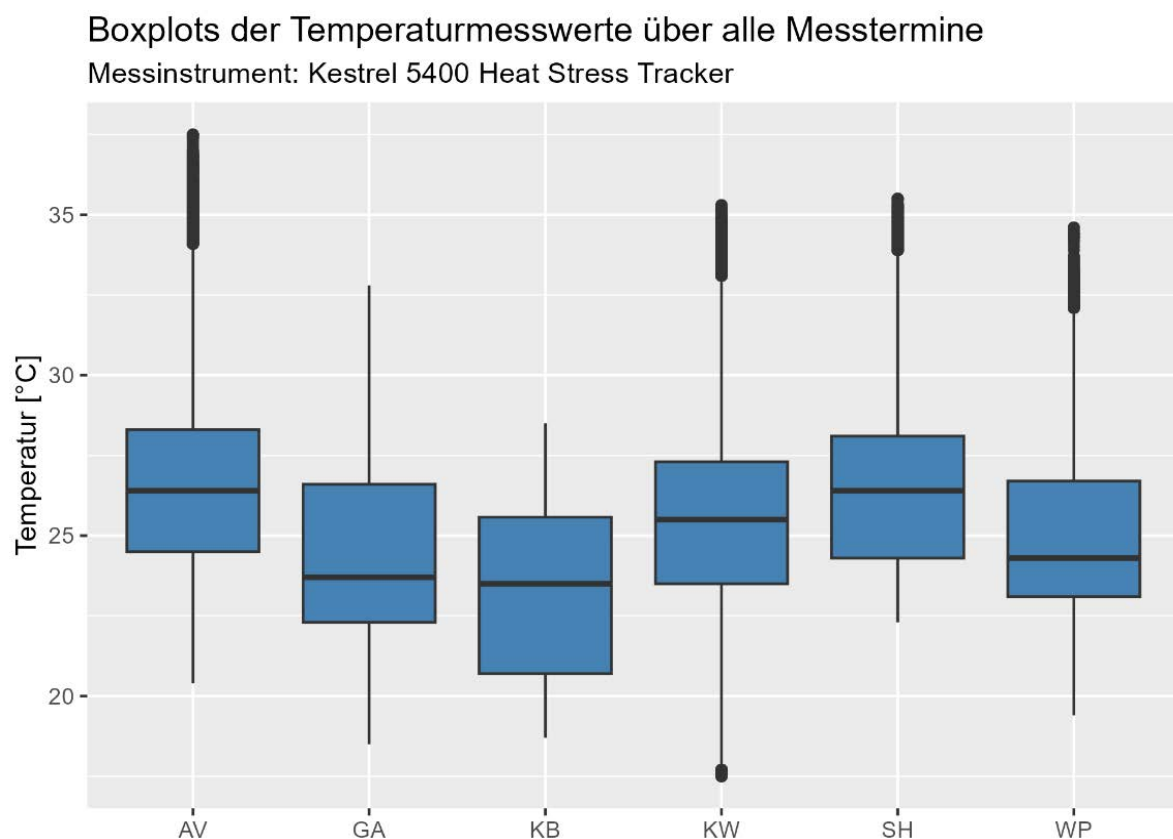


Abb. 1: Boxplots der Temperaturmesswerte in verschiedenen Untersuchungsgebieten über alle Messtermine. Die Temperaturwerte wurden mit Kestrel 5400 Heat Stress Trackern mit einer zeitlichen Auflösung von zwei Sekunden entlang vordefinierter Routen in den Untersuchungsgebieten zeitgleich erfasst. Alle Unterschiede der Mittelwerte (bis auf AV und SH) sind statistisch signifikant gemäß ANOVA und nachfolgendem Tukey Test. AV = Antonsviertel, GA = Galgenablass (Mischwald), KB = Kinderwagenbogen (buchendominierter Mischwald), KW = Kiefernwald, SH = Schießplatzheide, WP = Wittelsbacher Park.

Für die mobilen Klimamessungen erfolgte in einem weiteren analytischen Schritt mittels Hauptkomponentenanalyse eine Dimensionsreduktion der erfassten Messgrößen. Eine hierarchische Clusteranalyse der Hauptkomponentenwerte diente zur Auffindung der Startpartitionen für nachfolgende k-means Clusteranalysen. Auf diesen Grundlagen wurden alle Routen, sowohl gebietsspezifisch als auch gebietsübergreifend, also unter Berücksichtigung aller Messwerte, in mikroklimatisch charakteristische Abschnitte eingeteilt. Abbildung 2 zeigt dies beispielhaft für die Mischwald-Route am Galgenablass für fünf verschiedene lokalklimatische Cluster. Interessant hierbei ist, dass sich Veränderungen in der Waldstruktur bzw. der Umgebungsvariablen entlang der Route gut mit den sich ergebenden Clustern decken. So scheint Cluster Nr. 2 durch den Einfluss von Wasserflächen geprägt zu sein, während Cluster Nr. 3 und 4 durch verschieden dichte Waldbestände führen, Cluster Nr. 5 führt durch einen buchendominierten Teil der Route und schließlich bildet Cluster Nr. 1 das Ende des Waldes und den Übergang zur offenen Wiesenfläche ab (Abb. 2).

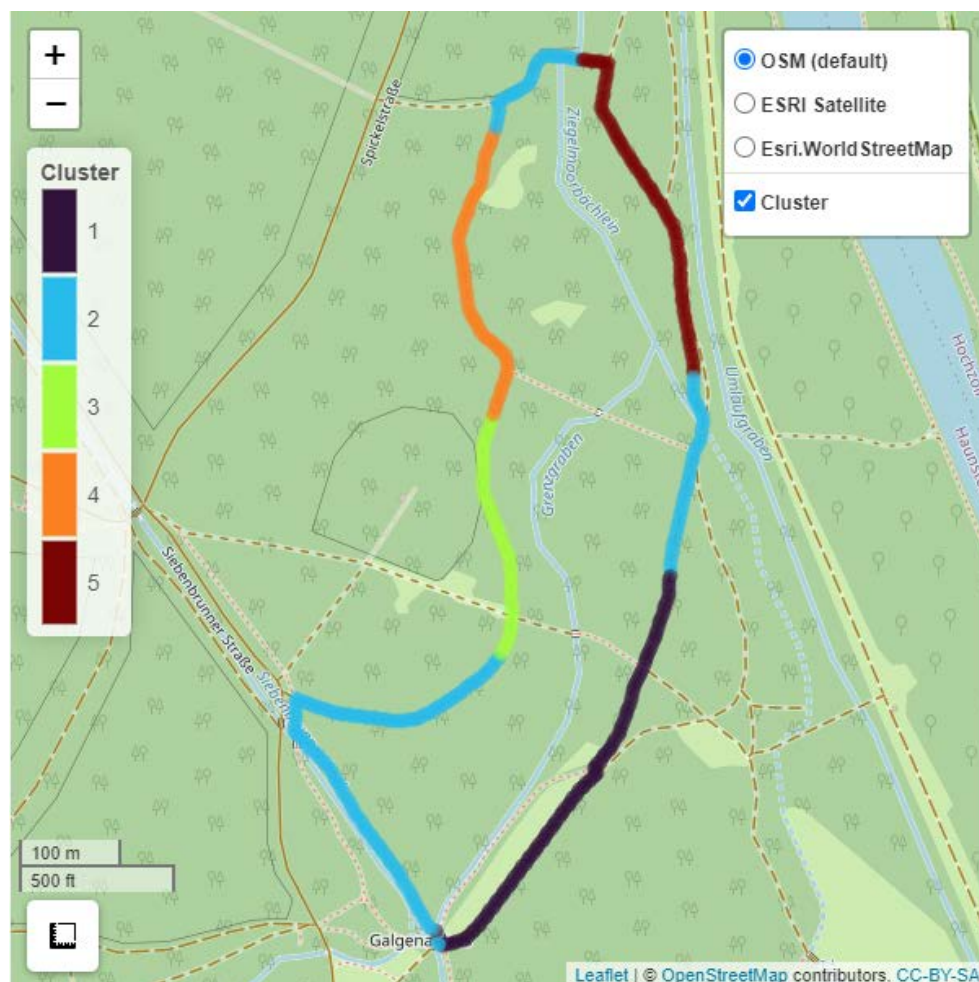


Abb. 2: Lokalklimatisch differenzierte Routenabschnitte im Untersuchungsgebiet Galgenablass. Basierend auf einer nicht-hierarchischen Clusteranalyse (k-means mit Startpartition aus hierarchischer Clusteranalyse) rotierter Hauptkomponentenwerte einer Hauptkomponentenanalyse mobiler Klimamessgrößen.

In einem weiteren Schritt sollen auch die objektiven Gesundheitsdaten sowie die subjektiven Einschätzungen der Probandinnen und Probanden zu ihrem persönlichen Wohlbefinden in die Analysen miteinbezogen werden. Außerdem sollen die messtechnisch erfassten Klimavariablen mit den Ergebnissen der Mikroklimasimulationen verglichen werden. Interessant ist in diesem Kontext auch die angestrebte Wiederholung des gesamten Studiensettings in verschiedenen Jahreszeiten, um die objektiven und subjektiven Klima- und Gesundheitseffekte urbaner Waldstrukturen auch über den Kontext der thermischen Hitzebelastung hinaus zu erfassen und zu modellieren.

Literatur:

- BRUSE, M., 2018: ENVI_MET a holistic microclimate model. <http://www.envi-met.info>
- DEMUZERE, M., ORRÚ, K., HEIDRICH, O., OLAZABAL, E., GENELETTI, D., ORRU, H., BHAVE, A.G., MITTAL, N., FELIU, E., FAEHNLE, M., 2014: Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of environmental management* **146**, 107-115.
- DZYUBAN, Y., HONDULA, D. M., VANOS, J. K., MIDDEL, A., COSEO, P. J., KURAS, E. R., REDMAN, C. L., 2022: Evidence of alliesthesia during a neighborhood thermal walk in a hot and dry city. *Science of the Total Environment* **834**, 155294.
- FANGER, P. O., 1970: Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.
- GILLEROT, L., ROZARIO, K., DE FRENNE, P., OH, R., PONETTE, Q., BONN, A., CHOW, W., GOD-BOLD, D., STEINPARZER, M., HALUZA, D., LANDUYT, D., MUYS, B., VERHEYEN, K., 2024: Forests are chill: The interplay between thermal comfort and mental wellbeing. *Landscape and Urban Planning* **242**, 104933.
- GRAMMATIKOPOULOU, I., VAČKÁŘOVÁ, D., 2021: The value of forest ecosystem services: A meta-analysis at the European scale and application to national ecosystem accounting. *Ecosystem Services*. **48**, 101262.
- KARIM, A. A., KHALIL, R., SCHMITT, M., 2020: Wald reloaded – Die Neuentdeckung des Waldes aus gesundheitspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Komplementärmedizin* **12(02)**, 24-30.
- LIU, Q., WANG, X., LIU, J., AN, C., LIU, Y., FAN, X., HU, Y., 2021: Physiological and psychological effects of nature experiences in different forests on young people. *Forests* **12(10)**, 1391.
- LIVESLEY, S. J., MCPHERSON, E. G., CALFAPIETRA, C., 2016: The urban forest and ecosystem services: Impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of environmental quality* **45(1)**, 119-124.
- VANOS, J. K., WARLAND, J. S., GILLESPIE, T. J., KENNY, N. A., 2010: Review of the physiology of human thermal comfort while exercising in urban landscapes and implications for bioclimatic design. *International journal of biometeorology* **54**, 319-334.

Schlüsselwörter: Thermal Walks, Ecosystem Services, Forest Structures, Nature Experience, Climate Effects, Physiological Effects, ENVI-met